

Hűtőkörök hatása a fröccsöntési technológiára Effect of cooling circuits on injection molding technology

ZINK Béla, KOVÁCS Norbert Krisztián, Dr. KOVÁCS József Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék,
H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3., +36-1-463-1459,
e-mail: zink@pt.bme.hu, kovacs@pt.bme.hu, kovacs@pt.bme.hu

Összefoglalás

Munkánkban vizsgáltuk, hogy a nagy hővezetési tényezőjű, erősen ötvözött réz (Ampcoloy 940) és formakövető hűtéssel, Direct Metal Laser Sintering (DMLS) technológiával gyártott szerszámbetétek alkalmazása milyen előnyökkel jár a hagyományos megmunkálással Böhler 1.2311-es (P20) acélból előállított betét használatával szemben. Megállapítottuk, hogy mind a két alternatív megoldás felületi és térfogati hőmérsékleteloszlása egyenletesebb, alkalmazásuk kisebb vetemedéshez vezet. Foglalkoztunk továbbá a hűtőkörökben lerakódó vízkő hogyan befolyásolja a kialakuló hőmérsékleteloszlást.

Abstract

In our work we have investigated the benefits of using high thermal conductivity, highly alloyed copper (Ampcoloy 940) and conformal cooling cooled, Direct Metal Laser Sintering (DMLS) produced molds compared to Böhler 1.2311 (P20) steel conventional processed molds. We have concluded that both alternative solutions have a more uniform surface and volumetric temperature distribution than the mold produced by Böhler 1.2311 with conventional cooling, and the use of both will cause smaller warpage. Furthermore we investigated how the temperature distribution is influenced by lime scale formed in the cooling systems.

Kulcsszavak

hőmérséklet-eloszlás, Direct Metal Laser Sintering, Ampcoloy 940, vízkő, fröccsöntés

1. BEVEZETÉS

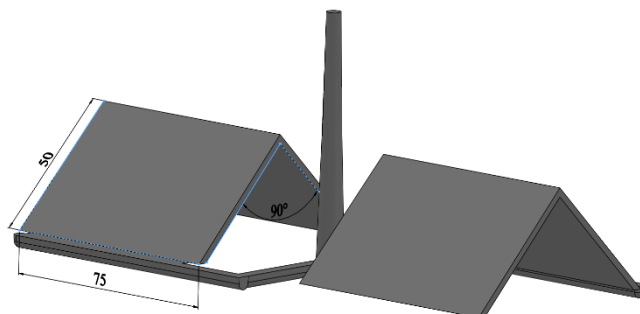
A műanyag feldolgozó ipar az elmúlt 10 év egyik leggyorsabban növekvő ipari ágazata, 2013-ban közel 300 millió tonna alapanyag került felhasználásra [1]. Az ágazat egyik legfontosabb feldolgozási technológiája a fröccsöntés, amellyel nagy pontosságú, összetett, 3D-s termékeket lehet előállítani kis ciklusidővel. A növekvő minőségi és gazdasági követelmények miatt a termékek minőségének növelése és a ciklusidő csökkentése fontos szempont.

A ciklusidő legnagyobb része befröccsöntés követő hűtés, amely a fröccsöntött termék minőségét is jelentősen befolyásolja. Amennyiben a ciklusidőt szeretnénk csökkenteni, úgy kézenfekvő megoldás lehet a hűtésre fordított idő csökkentése, ennek egyik módja a formakövető hűtések alkalmazása. Az additív technológiák megjelenésével lehetőség nyílik a szerszámban összetett geometriájú formakövető hűtési rendszer kialakítására és a szerszám előállítási idejének csökkentésére. A formakövető hűtőkör tetszőleges keresztmetszetű és alakú lehet, képes követni a termék kontúrvonalát, így a termék minden pontjából azonos mennyiségű hőt képes elvonni és a hőelvonás nagyobb mértékű. A fröccsöntő szerszám hűtőcsatornáiban a használat alatt vízkő és korróziórég rakódik le, amely rontja a hőelvonás hatásfokát. A csökkent hőelvonás növeli a szerszámbetét hőmérsékletét és a felületi hőmérséklet-különbségeket, a hőmérsékletek növekedése miatt a ciklusidő és a vetemedés is nő [2].

Munkánkban a nagy hővezetési tényezőjű és DMLS technológiával gyártott szerszámbetéteket hőtani vizsgálatát hajtottuk végre, illetve tanulmányoztuk a vízkő fröccsöntési technológiára gyakorolt hatását numerikus módon. Vizsgáltuk, hogy a nagy hővezetési tényezőjű, erősen ötvözött réz és formakövető hűtéssel, DMLS technológiával gyártott szerszámbetétek alkalmazása milyen előnyökkel jár a hagyományos megmunkálással Böhler 1.2311-es (P20) acélból előállított betéttel szemben. Foglalkoztunk továbbá a hűtőcsatornában kialakuló lerakódások szerszámhőmérsékletre és vetemedésre gyakorolt hatásával.

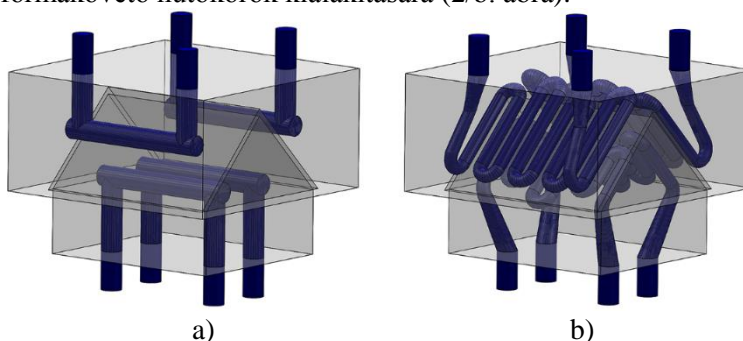
2. SZERSZÁMBATÉTEK ÉS SZIMULÁCIÓS PARAMÉTEREK

A vizsgálatokhoz felhasznált fröccsöntő szerszám két fészkes, szerszámfelenként egy hűtőkörrel temperált. A termék meglövése, amely két derékszöget bezáró síklapból áll, egy oldalról filmgáttal történt (1. ábra).



1. ábra A fröccsöntött termék geometriája és főbb méretei

A szerszámhatékok vizsgálatát Ampcoloy 940 erősen ötvöztött, nagy hővezetési tényezőjű réz, MaragingSteel MS1 és Böhler 1.2311 acélokon hajtottuk végre. Az Ampcoloy szerszámhaték hagyományos, fűt hűtésű, hasonlóan a fröccsöntő szerszámok gyártására leginkább elterjedt Böhler 1.2311 acélhoz (2/a. ábra). A MaragingSteel MS1 acélpor DMLS technológiával került feldolgozásra, így lehetőség nyílt formakövető hűtőkörök kialakítására (2/b. ábra).



2. ábra A hagyományos (a) és a formakövető (b) hűtőkörök

A szimulációs modellek kialakításához négy csomópontos tetraéder elemeket használtunk, a vizsgálatokat Autodesk Simulation Moldflow 2015 és Simulation CFD 2015 fröccsöntő szimulációs és áramlástani szoftverekkel végeztük el. A felhasznált alapanyag Terluran GP-35 típusú ABS, amelyet 240°C-on fröccsöntöttünk a 40°C-os vízzel temperált szerszámba. A szimulációknál az anyagok hőtani paramétereinek megadása az egyik legfontosabb feltétel, a felhasznált anyagok hőtani paraméterei a 1. táblázatban láthatók. A fröccsöntéseket Arburg Allrounder 370S Advance 700-290 fröccsöntő gépen végeztük, a hőkamerás felvételekhez pedig Flir A325 sc kamerát használtunk.

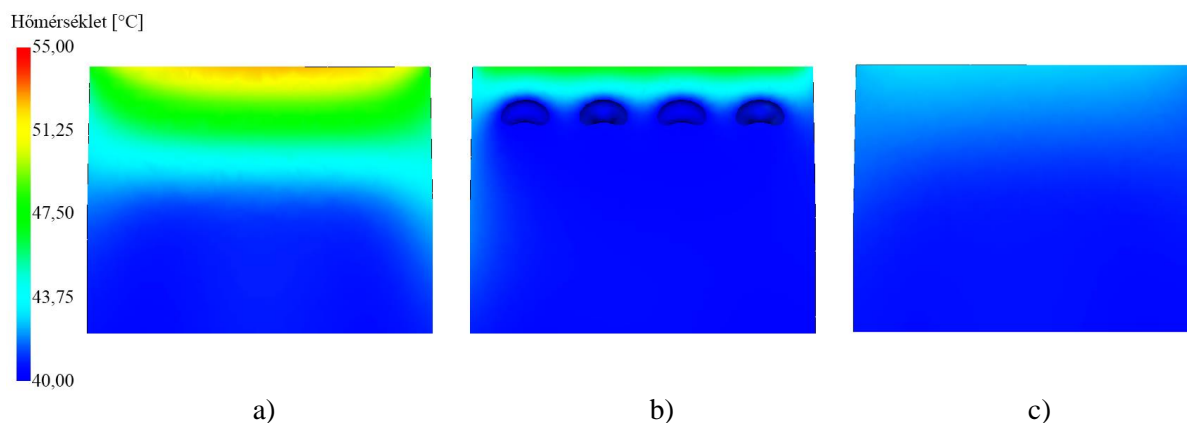
Ampcoloy 940	Hővezetési tényező (W/mK)	208
	Fajhő (J/kgK)	380
MaragingSteel MS1	Hővezetési tényező (W/mK)	20
	Fajhő (J/kgK)	450
Böhler 1.2311	Hővezetési tényező (W/mK)	29
	Fajhő (J/kgK)	460
Víz-köréteg hővezetési tényezője (W/mK)		1,7

1. táblázat A fontosabb hőtani paraméterek

3. EREDMÉNYEK

3.1. TÉRFOGATI HŐMÉRSÉKLET-ELOSZLÁS

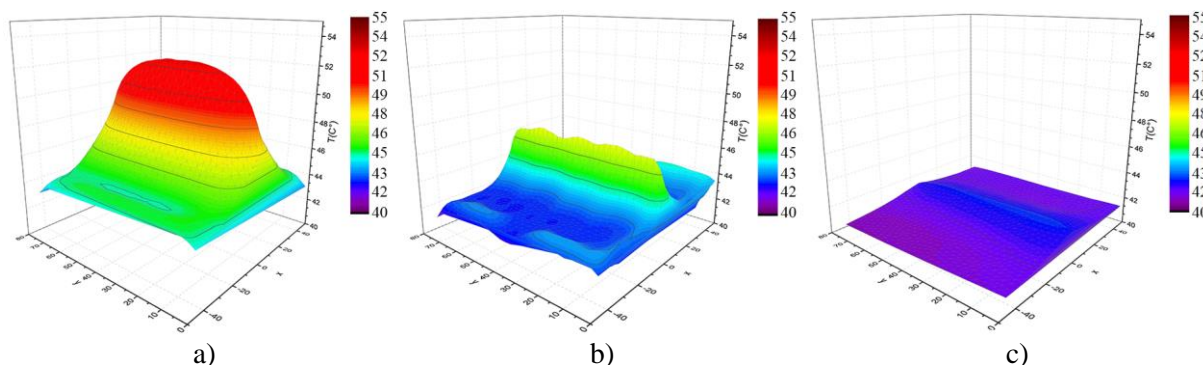
A szerszámbetétek térfogati hőmérséklet-eloszlása alapján a P20-as betét megoldala a sarokélnél vett keresztmetszetben az él közelében kb. 53°C-os, a keresztmetszet további része fokozatosan csökkenő hőmérsékletet mutat (3/a. ábra). A DMLS szerszámbetét kb. 46°C-os, az alatta lévő terület közel 43°C-os, viszont a keresztmetszet további része a hűtőközzel megegyező hőmérsékletű (3/b. ábra). Az Ampcoloy 940-es szerszámbetét hőmérséklet-eloszlása egyenletesebb a legmelegebb ponton is csak 42°C körüli a hőmérséklet (3/c. ábra).



3. ábra A hagyományos (a), a DMLS (b) és az Ampcoloy (c) szerszámbetét

3.2. FELÜLETI HŐMÉRSÉKLET-ELOSZLÁS

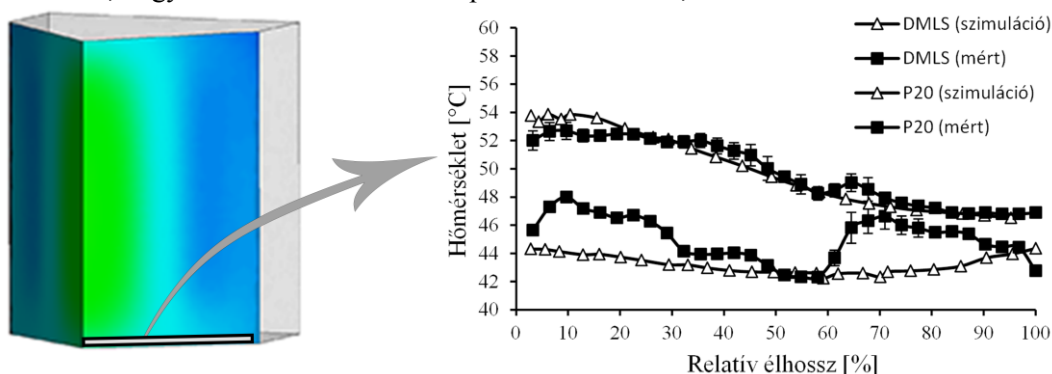
A szerszám felületi hőmérséklet-eloszlása befolyásolja a vetemedést, a nagy pontosságú termékek esetében a hőmérséklet-különbség maximumértéke 10°C. A P20-as szerszámbetét felületi hőmérséklet maximuma kb. 52,5°C, a hő a sarokélnél halmozódik fel (4/a. ábra). A hűtőkör közvetlen környezetében a legkisebb a hőmérséklet, kb. 43°C, a maximális hőmérséklet-különbség így 10°C. A DMLS betétek a maximális felületi hőmérséklete 47,5°C, a hűtőkörök helyzete a P20-as szerszámbetéthez képest jobban látszódik, a hőmérséklet ezeken a területeken 42°C körüli (4/b. ábra). A DMLS szerszámbetét felületi hőmérséklet-különbsége 6°C, P20-as szerszámbetéthez képest jobban elvezeti a hőt, a hőmérséklet-eloszlás egyenletesebb és a maximális hőmérséklet 4°C-kal kisebb. Az Ampcoloy 940-ből készült szerszámbetét felületi hőmérséklet-különbsége csak 2°C körüli, a maximális felületi hőmérséklet 42,5°C (4/c. ábra). Az eredmények alapján elmondható, hogy az Ampcoloy betét hagyományos fűt hűtőrendszerrel is jobban képes elvonni a hőt a vizsgált kialakításnál, mint a DMLS technológiával gyártott formakövető hűtőkörök, viszont összetettebb hűtőkör-geometriát vizsgálva ez az eredmény már nem feltétlenül érvényes, mert a DMLS technológiával jobban lekövethető a termék geometriája.



4. ábra A P20-as (a), a DMLS (b) és az Ampcoloy (c) szerszámbetét felületi hőmérséklet-eloszlása

3.3. FELÜLETI HŐMÉRSÉKLET MÉRÉSE

A szerszámbetét magoldali felületi hőmérsékletét a kidobás utáni pillanatban Flir A325 sc hőkamerával mértük. A méréseket a szimulációs paraméterekkel megegyező technológiai beállításokkal végeztük el a DMLS és a P20-as szerszámbetétekre. Mindkét betéténél a beömlő perselyhez közelebb eső alapél melletti terület hőmérséklet-eloszlását vizsgáltuk a relatív élhossz függvényében. A P20-as szerszámbetét esetében a mért eredmények egybeesnek a számolt értékekkel, a maximális hőmérséklet kb. 53°C, amely folyamatosan csökken (5. ábra). A DMLS szerszámbetét esetében az értékek egy része esik csak a számított eredményekkel egybe, az eltérések keletkezhetnek abból, hogy a DMLS szerszámbetét emissziós tényezője lényegesen kisebb, ami növeli a reflexióból származó hibát. További eltérést okozhat, hogy a DMLS szerszámbetét polírozott felületű, ami szintén növeli a reflexiót.



5. ábra A DMLS és P20-as szerszámbetétek felületi hőmérséklet-eloszlása a relatív élhossz függvényében a kidobás utáni pillanatban

3.4. VÍZKŐ HATÁSA A FELÜLETI HŐMÉRSÉKLETRE

A hűtőkörben kialakuló vízkő ronjtja a hőátvitelt, a folyamat tanulmányázásához szimulációs modelleket építettünk fel a szerszámbetétek vizsgálatához használt modellekhez hasonlóan. Az eredmények alapján a 0,5 mm-es vízkő a felületi hőmérséklet maximális értékét a P20-as szerszámbetét esetében 14°C-kal növelte 66,5°C-ra. A DMLS szerszámbetét esetében a növekedés 11,5°C, az Ampcoloy betétnél a hőmérséklet növekedése viszont csupán 6,5°C volt.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A munkánkban vizsgáltuk a hűtőkörök kialakításának és a szerszámbetétek alapanyagának hatását a fröccsöntési folyamatra. Megállapítottuk, hogy a nagy hővezetési tényezőjű Ampcoloy 940-es rézötvözet hagyományos hűtőkörökkel is jobban képes elvezetni a hőt, mint a formakövető hűtéssel gyártott DMLS betét és a Böhler 1.2311 alapanyagból, hagyományos hűtőkörrel gyártott szerszámbetét. A felületi és a térfogati hőmérséklet-eloszlás is egyenletesebb az Ampcoloy 940 alapanyagból készült szerszámbetét esetében. Elvégeztük továbbá a számított és a mért felületi hőmérsékletek összehasonlítását és vizsgáltuk a vízkőlerakódás hőmérsékletre gyakorolt hatását

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA PD 105995) anyagi támogatásáért. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP -4.2.2.B-10/1-2010-0009 program támogatja.

Irodalmi hivatkozások

- [1] PlasticsEurope: Plastics – the Facts 2014/2015, Brüsszel (2015)
- [2] Zink B., Szabó F., Hatos I., Hargitai H., Kovács J.G.: DMLS szerszámbetétek szimulációs vizsgálata, Műanyag- és Gumiipari évkönyv, vol. 12, pp. 80-87 (2014)